

Document downloaded from:

<http://hdl.handle.net/10251/183133>

This paper must be cited as:

Garrido, J.; Martínez Rodríguez, D.; Rodríguez-Serrano, F.; Pérez-Villares, J.; Ferreiro-Marzal, A.; Jiménez-Quintana, M.; Villanueva Micó, R.J.... (2022). Modelo matemático optimizado para la predicción y planificación de la asistencia sanitaria por la COVID-19. *Medicina Intensiva*. 46(5):248-258. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2021.02.014>



The final publication is available at

<https://doi.org/10.1016/j.medin.2021.02.014>

Copyright Elsevier

Additional Information

## **Modelo matemático optimizado para la predicción y planificación de la asistencia sanitaria por la COVID-19**

José Manuel Garrido<sup>1,2,3,\*</sup>, David Martínez-Rodríguez<sup>4</sup>, Fernando Rodríguez-Serrano<sup>1,2</sup>, José Miguel Pérez-Villares<sup>5</sup>, Andrea Ferreiro-Marzal<sup>3</sup>, María del Mar Jiménez-Quintana<sup>5</sup>, Grupo de Estudio COVID-19\_Granada<sup>#</sup>, Rafael Jacinto Villanueva<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigación Biosanitaria ibs.GRANADA, Granada, España

<sup>2</sup>Instituto de Biopatología y Medicina Regenerativa (IBIMER), Universidad de Granada, Granada, España

<sup>3</sup>Servicio de Cirugía Cardiovascular, Hospital Virgen de las Nieves, Granada, España

<sup>4</sup>Instituto Universitario de Matemática Multidisciplinar, Universitat Politècnica de València, Valencia, España

<sup>5</sup>Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitario Virgen de las Nieves, Granada, España

# Grupo de Estudio COVID-19\_Granada: José Manuel Garrido Jiménez, Antonio Cansino Osuna, Juan Carlos Carrillo Santos, Cristina Carvajal Pedrosa, M<sup>a</sup> Angeles García Rescalvo, Francisco José Guerrero García, Sebastián Manzanares Galán, Francisco Marti Jiménez, Manuel Enrique Reyes Nadal, Pedro Manuel Ruiz Lorenzo, José Luis Salcedo Lagullón, Indalecio Sánchez-Montesinos García, Fernando Rodríguez-Serrano

\* Autor de correspondencia. Departamento de Cirugía y sus Especialidades, Universidad de Granada, Granada, España, Avd. de la Investigación 11, 18016, Granada, Spain.

E-mail: josemgarrido@ugr.es

Número de palabras del resumen: **231**

Número de palabras del abstract: **191**

Número de palabras del texto principal (sin incluir primera página, resumen/abstract, bibliografía ni tablas): **3391**

## **Financiación**

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España, la Agencia Estatal de Investigación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (MTM2017-89664-P); la Unión Europea a través del Programa de Fondos de Desarrollo Regional / Fondo Social Europeo y la Comunidad Valenciana (GJIDI/2018/A/010 y GJIDI/2018/A/009); y la Fundación Ramón Areces, Madrid, Spain (CIVP18A3920).

## **Conflictos de intereses**

Ninguno

# Modelo matemático optimizado para la predicción y planificación de la asistencia sanitaria por la COVID-19

## Resumen

### Objetivo

La pandemia de la COVID-19 ha supuesto una amenaza de colapso de los servicios hospitalarios y de UCI, y una reducción de la dinámica asistencial de pacientes afectados por otras patologías. El objetivo fue desarrollar un modelo matemático diseñado para optimizar las predicciones relacionadas con las necesidades de hospitalización e ingresos en UCI por la COVID-19.

### Diseño

Estudio prospectivo.

### Ámbito

Provincia de Granada (España).

### Pacientes

Pacientes de COVID-19 hospitalizados, ingresados en UCI, recuperados y fallecidos desde el 15 de marzo hasta el 22 de septiembre de 2020.

### Intervenciones

Desarrollo de un modelo matemático tipo SEIR capaz de predecir la evolución de la pandemia considerando las medidas de salud pública establecidas.

### VARIABLES DE INTERÉS

Número de pacientes infectados por SARS-CoV-2, y hospitalizados e ingresados en UCI por la COVID-19.

### Resultados

A partir de los datos registrados hemos podido desarrollar un modelo matemático que refleja el flujo de la población entre los diferentes grupos de interés en relación a la COVID-19. Esta herramienta **permite** analizar diferentes escenarios basados en medidas de restricción socio-sanitarias, y pronosticar el número de infectados, hospitalizados e ingresados en UCI.

### Conclusiones

El modelo matemático es capaz de proporcionar predicciones sobre la evolución de la COVID-19 con suficiente antelación como para poder conjugar los picos de prevalencia y de necesidades de asistencia hospitalaria y de UCI, con la aparición de ventanas temporales que posibiliten la atención de enfermos no-COVID.

### Palabras clave

COVID-19, SARS-CoV-2, modelo matemático, hospitalización, UCI, pandemia, prevalencia, predicción epidemiológica

# Mathematical model optimized for prediction and health care planning for COVID-19

## Abstract

### Objective

The COVID-19 pandemic has threatened to collapse hospital and ICU services, and it has affected the care programs for non-COVID patients. The objective was to develop a mathematical model designed to optimize predictions related to the need for hospitalization and ICU admission by COVID-19 patients.

### Design

Prospective study.

### Setting

Province of Granada (Spain)

### Population

COVID-19 patients hospitalized, admitted to ICU, recovered and died from March 15 to September 22, 2020.

### Study variables

The number of patients infected with SARS-CoV-2 and hospitalized or admitted to ICU for COVID-19.

### Results

The data reported by hospitals was used to develop a mathematical model that reflects the flow of the population among the different interest groups in relation to COVID-19. This tool **allows** to analyse different scenarios based on socio-health restriction measures, and to forecast the number of people infected, hospitalized and admitted to the ICU.

### Conclusions

The mathematical model is capable of providing predictions on the evolution of the COVID-19 sufficiently in advance as to anticipate the peaks of prevalence and hospital and ICU care demands, and also the appearance of periods in which the care for non-COVID patients could be intensified.

### Keywords

COVID-19, SARS-CoV-2, mathematical model, hospitalization, ICU, pandemic, prevalence, epidemiological prediction

## Introducción

1  
2  
3  
4 Los coronavirus causan enfermedades respiratorias e intestinales en numerosas especies  
5 animales. En humanos, cuatro coronavirus producen infecciones respiratorias de las vías altas  
6 (OC43, HKU1, 229E y NL63) y dos pueden causar síndromes respiratorios severos  
7 (SARSCoV-1 y MERS-CoV)<sup>1</sup>. Sin embargo, el pasado mes de diciembre las autoridades chinas  
8 informaron de diferentes casos de síndrome respiratorio en Wuhan que posteriormente fueron  
9 atribuidos a infecciones del nuevo coronarivirus 2 del síndrome respiratorio agudo (SARS-CoV-  
10 2), el agente causante de la enfermedad por coronarivirus 2019 (COVID-19)<sup>2,3</sup>. Desde la  
11 declaración de pandemia realizada por la Organización Mundial de la Salud, y hasta **el 27 de**  
12 **enero de 2021**, se han confirmado 99.363.697 casos acumulados y 2.135.959 fallecimientos  
13 en todo el mundo<sup>4</sup>.  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22

23 La aplicación de medidas no farmacéuticas, como distanciamiento social, el empleo de  
24 mascarillas faciales, la mejora de los hábitos de higiene, confinamientos perimetrados,  
25 confinamientos domiciliarios, cierre de servicios no esenciales, restricciones de movilidad,  
26 etc., **tienen** especial importancia por generar un impacto directo en la velocidad de propagación  
27 de la enfermedad<sup>5-7</sup>. De hecho, los indicadores **sobre la** evolución de la COVID-19 mejoraron  
28 sensiblemente en España a las dos semanas de la declaración institucional de cuarentena del 14  
29 de marzo de 2020, y mostraron además cómo en regiones que se encontraban en estadios  
30 iniciales de pandemia en el momento del confinamiento, como Ceuta y Melilla, presentaron  
31 tasas de defunción muy inferiores respecto a otras que partían de una transmisión más  
32 acentuada, como Cataluña. Lo mencionado anteriormente refleja el importante efecto  
33 diferencial de las medidas cuando se adoptan de forma temprana<sup>8</sup>. Además de las  
34 consecuencias derivadas de la afectación poblacional por la COVID-19, la pandemia **reduce**  
35 de forma muy importante la dinámica asistencial de pacientes aquejados de otras patologías.  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48

49 Para conseguir una adecuada planificación es necesario emplear herramientas que permitan  
50 predecir la evolución de la COVID-19 en función de la situación de partida, y de las medidas  
51 no farmacéuticas y de salud pública instauradas en cada momento, y que sean capaces de alertar  
52 sobre los posibles escenarios de transmisión. Las herramientas deben permitir el diseño de la  
53 aplicación y temporalización de medidas con suficiente antelación como para poder conjugar  
54 los picos de prevalencia y de necesidades de asistencia hospitalaria y de UCI por la COVID-  
55 19, con la aparición de ventanas temporales que posibiliten la atención de enfermos no-COVID.  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 En el presente artículo presentamos un modelo matemático **diseñado para** predecir la dinámica  
2 de transmisión de la COVID-19 **y las necesidades de hospitalización e ingresos en UCI**, que  
3 ha sido calibrado y validado empleando datos proporcionados por los hospitales de la provincia  
4 de Granada, los cuales dan conjuntamente una cobertura asistencial a 914.678 habitantes<sup>9</sup>.  
5 Además, presentamos estimaciones de **tres** escenarios basados **en diferentes programas de**  
6 **medidas de contención socio-sanitarias.**  
7  
8  
9

## 10 **Pacientes y métodos**

### 11 *Pacientes*

12 **Los datos registrados proceden de los hospitales de la provincia de** Granada H.U. Virgen  
13 de las Nieves, H.U. Clínico San Cecilio, H.U. Santa Ana en Motril, H.U. de Baza, H. de San  
14 Rafael y H.L.A. Inmaculada. Para ello, contamos con la aprobación por parte del Comité de  
15 Ética de la Investigación Biomédica de la provincia de Granada dependiente de la Conserjería de  
16 Salud y Familias de la Junta de Andalucía. Recopilamos el número de hospitalizados,  
17 ingresados en UCI, recuperados y fallecidos.  
18  
19

### 20 *Modelo matemático, calibración y validación*

21 Hemos implementado un modelo SEIR (susceptible, expuesto, infectado y recuperado)  
22 diseñado específicamente para describir la dinámica de la epidemia a nivel poblacional y a  
23 nivel **del** circuito hospitalario en relación a los pacientes de COVID-19 (hospitalizaciones en  
24 planta y UCI), ya que es el aspecto más limitante a la hora de hacer frente a la pandemia, debido  
25 a los recursos materiales y personales que requiere (**Figura 1**). La tabla 1 recoge los diferentes  
26 grupos en los que se puede segregar a la población respecto a la infección y el circuito  
27 hospitalario, junto con las ecuaciones en diferencias que describen la dinámica de cada grupo  
28 a lo largo del tiempo.  
29  
30

31 El paso entre grupos viene determinado por las tasas de transición  $q_s, s_q, l_i, i_r, i_h, i_u, h_u, h_f, h_a,$   
32  $u_f, u_{hu}, h_f$  y  $h_{u_a}$ .  $\beta$  es la tasa de transmisión entre S e I, y su valor es proporcional a la magnitud  
33 del número de reproducción básico  $R_0$ , según la expresión:  $R_0 = \beta / (i_r + i_h + i_u)$ . Durante el  
34 proceso de calibración del modelo, a partir de los registros hospitalarios pudimos determinar  
35 el valor de las diferentes tasas de transición y de la tasa de transmisión ( $\beta$ ) necesarias para que  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

el modelo sea capaz de describir la situación específica de la provincia de Granada, empleando para ello el algoritmo de optimización Novelty Swarm implementado en Python3<sup>10</sup>. El valor de  $s_q$  y  $q_s$  se estableció atendiendo al cambio en los flujos de desplazamientos recogidos en el “Informe de Movilidad Local sobre la COVID-19” de Google<sup>11</sup>, en el periodo de confinamiento domiciliario decretado por el gobierno español el 14 de marzo de 2020<sup>12</sup>. La calibración se realizó utilizando registros de pacientes hospitalizados, ingresados en UCI, recuperados y fallecidos entre el 15 de marzo y el 22 de septiembre de 2020, **y que alcanzó un tamaño muestral total de 1064 pacientes. Dado que el modelo también tiene en cuenta a los sujetos que no han sido diagnosticados, para calibrar el número de infectados se han empleado los datos del estudio de seroprevalencia de las provincias españolas para Granada**<sup>13</sup>.

**Para obtener un valor robusto de los parámetros, se realizaron 600 procesos de calibración que proporcionaron los correspondientes 600 conjuntos de parámetros que describían la situación epidemiológica específica de la provincia de Granada hasta el 22 de septiembre de 2020. A partir de las 600 estimaciones obtuvimos la media y el intervalo de confianza del 95% tanto de los parámetros como de las predicciones. Una vez finalizada la calibración, validamos el modelo comparando los datos predichos con datos registrados entre el 23 de septiembre y el 7 de noviembre de 2020, que ascendieron a 956 pacientes.**

#### *Predicciones proporcionadas por el modelo*

Generamos 3 escenarios atendiendo a medidas no farmacéuticas para simular la evolución más probable de la pandemia, y para determinar las condiciones más favorables para conjugar los picos y valles de prevalencia y de necesidades de hospitalización y de ingresos en UCIs. El escenario inicial representa la evolución predicha atendiendo a las restricciones **que fueron establecidas** para la provincia de Granada **cuando se encontraba** en nivel 4 fase 2, lo que **conlevó** el cese temporal de servicios no esenciales, restricción del horario comercial y de movilidad, y confinamiento perimetral<sup>14</sup>. Estas medidas **fueron** decretadas para dos semanas a partir del día 10 de noviembre de 2020. En nuestras simulaciones **consideramos** que **dichas medidas tendrían** un impacto que, en el mejor de los casos, podría igualar a la  $R_t$  que **apareció** en Cataluña tras la aplicación de medidas similares **establecidas** el 30 de octubre de 2020, y cuyo valor se situó en torno a 0,8<sup>15</sup>. Los otros dos escenarios adicionales **fueron** escogidos entre muchas simulaciones ya que permiten **analizar** los efectos de la dilatación temporal de

1 **las** medidas **de contención** y el establecimiento de diferentes periodos de restricciones. El  
2 modelo **ha sido programado para cuantificar** en cada escenario el valor esperado diario en  
3 cada grupo (S, Q, L, I, R, H, U, F, HU y A), y el intervalo de confianza del 95% (percentiles  
4 2.5 – 97.5).  
5  
6  
7  
8  
9

## 10 **Resultados**

11  
12  
13 El modelo desarrollado nos **permitió** establecer diferentes escenarios de aplicación de medidas  
14 de restricción y prever la evolución del número de infectados, ingresos hospitalarios y en UCI  
15 (**Tabla 2**), considerando una  $R_0$  de 0,8. La fase de calibración y validación del modelo **mostró**  
16 la validez de las predicciones proporcionadas por el modelo tras comparar los casos esperados  
17 y registrados de hospitalizaciones e ingresos en UCI durante el periodo 23 de septiembre y 7  
18 de noviembre de 2020. En la Figura 2 podemos observar que, a pesar de que no todos los  
19 **recuentos** se encuentran dentro del intervalo de confianza, el crecimiento de ambas curvas  
20 tiene una forma muy similar. Es por ello, por lo que el modelo puede ser capaz de obtener una  
21 tendencia clara de la evolución del circuito hospitalario que permita valorar de forma  
22 cualitativa la evolución de la pandemia. A continuación, **presentamos** un resumen de la  
23 evolución prevista en los tres escenarios modelizados **el día 10 de noviembre de 2020, en el**  
24 **que todas** las referencias numéricas representan el resultado de la media ofrecida por el  
25 modelo.  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38

39 El escenario 1 se correspondería con una situación de restricciones socio-sanitarias similares a  
40 las **que fueron establecidas** durante dos semanas a partir del día 10-11-2020 en Granada. En  
41 este contexto, el número de infectados **habría** alcanzado un pico de 58.379 afectados el 06-02-  
42 21, un dato de prevalencia que es más de 3 veces superior respecto a lo registrado durante el  
43 pico que apareció en marzo (18.448 el 20-03-20). Sólo encontraríamos una breve reducción de  
44 la tendencia de aumento de infectados a finales de octubre (26-11-20), antes de volver a  
45 experimentar un incremento exponencial de casos. **Respecto** al número de hospitalizaciones e  
46 ingresos en UCI, la medida de restricción de 2 semanas no conseguiría generar un valle que  
47 reduzca la presión hospitalaria, y **aparecería** un pico de 1.946 (fecha 20-02-21) y 310 (fecha  
48 25-02-21) casos, respectivamente. Dicho volumen de casos superaría de forma importante el  
49 número de pacientes hospitalizados y en UCI atendidos en el pasado periodo marzo-abril de  
50 2020 (**Figura 3**). Cabe matizar que la presión hospitalaria durante la primea ola, aunque  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 elevada, no llegó a saturar los recursos hospitalarios de la provincia, ya que se decretó  
2 confinamiento domiciliario cuando la prevalencia en la provincia se encontraba en sus estadíos  
3 iniciales<sup>13</sup>.  
4

5  
6  
7 Si consideramos el escenario 2, con una dilatación de las restricciones hasta un total de 4  
8 semanas desde el 10-11-2020, el número de afectados se reduciría durante el periodo 13-11-20  
9 al 10-12-20, pasando de 25.233 a 16.359 casos. No obstante, encontraríamos un pico elevado  
10 de prevalencia de 50.485 casos más tarde respecto al pico estimado para el escenario anterior  
11 (02-03-21). En el caso de hospitalizados e ingresos en UCI aparecería un comportamiento  
12 similar, con una reducción acentuada en el número de casos en los períodos 26-11-20 / 17-12-  
13 20, pasando de 733 (IC95% 509-1.048) a 641 (IC95% 449-900) casos, y 01-12-20 / 18-12-20,  
14 pasando de 112 (IC95% 75-158) a 106 (IC95% 71-148) casos, respectivamente. En ambos  
15 grupos encontraríamos un pico en marzo de 2021, que superaría más de 4 veces el número de  
16 pacientes hospitalizados y en UCI atendidos en el pasado periodo marzo-abril de 2020 (**Figura**  
17 **4**).  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28

29 El escenario 3 presenta la evolución de casos atendiendo a un calendario de aplicación de  
30 medidas de restricción socio-sanitaria por fases, **que fue escogido** después de analizar  
31 numerosos escenarios posibles. Este contexto contemplaría 3 periodos: 4 semanas a partir del  
32 día 10/11/20 de restricciones en servicios no esenciales; 4 semanas a partir del día 11/01/21  
33 con un confinamiento poblacional del 70%; y 2 semanas a partir del día 15/03/21 de  
34 restricciones en servicios no esenciales. **Para este escenario, el modelo mostró** una evolución  
35 creciente y más suave que los escenarios anteriores hasta enero, momento en el que  
36 encontraríamos 30.429 infectados (13-01-21), 889 hospitalizados (19-01-21) y 137 ingresos en  
37 UCI (21-01-21). Además, en diciembre encontraríamos una reducción relevante de casos en  
38 los tres grupos, que estaría más acentuada en el grupo de infectados, que pasaría de 25.233  
39 casos el 13-11-20 a 15.753 el 12-12-20. A partir de enero, el número de casos se iría reduciendo  
40 con puntos alternantes de picos y valles hasta llegar a mayo, cuándo aparecerían 10.922  
41 infectados (07-05-21), 324 hospitalizados (01-05-21) y 52 ingresos en UCI (01-05-21) (**Figura**  
42 **5**).  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

## Discusión

1  
2  
3  
4 La compleja situación asistencial debido a la actual pandemia COVID-19 se potencia por la  
5 importante afectación del normal funcionamiento de la atención sanitaria y hospitalaria<sup>16-18</sup>, y  
6 por el elevado coste de oportunidad que se ha producido en relación a muchas patologías graves  
7 que han dejado de atenderse de forma óptima. El adecuado tratamiento y seguimiento de ciertos  
8 grupos de pacientes cobra especial importancia debido a que parecen representar  
9 comorbilidades correlacionadas con las necesidades de ingresos hospitalarios y en UCI de  
10 infectados por SARS-CoV2, tales como la hipertensión, enfermedades crónicas cardíacas,  
11 diabetes, enfermedades crónicas pulmonares y obesidad<sup>19</sup>.  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19

20 El control de la primera ola de la COVID-19 se realizó mediante la aplicación de medidas  
21 extremas de restricción poblacional al amparo del decreto de estado de alarma del 14 de marzo  
22 de 2020<sup>13</sup>. Las medidas establecidas incluyeron un confinamiento domiciliario de 7 semanas,  
23 seguido de cuatro fases de desconfinamiento hasta alcanzar la llamada “nueva normalidad” el  
24 21 de junio de 2020<sup>20</sup>. Durante este periodo se produjo una reorganización de los Sistemas  
25 Sanitarios para encajar la atención prioritaria de pacientes COVID-19, sobrepasando  
26 ampliamente los límites estratégicos y operacionales de dichos sistemas, y relegando a un  
27 segundo plano la atención del resto de patologías graves y no graves que representan la habitual  
28 cartera de servicios ofertada por nuestros centros sanitarios, al igual que lo acontecido en otros  
29 países de nuestro entorno<sup>21-25</sup>.  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39

40 La presencia del virus SARS-CoV-2 en nuestro medio se ha mantenido constante tras la  
41 finalización de la primera ola epidémica en España<sup>26</sup>. Como consecuencia de ello, la  
42 endemización de la enfermedad en Europa es un hecho no discutible, alternándose fases  
43 temporales de mínima incidencia de la infección, con otras fases de estallido epidémico  
44 exponencial<sup>27</sup>. Este patrón epidemiológico que describe la dinámica temporal de la pandemia  
45 COVID-19 se mantendrá, con elevada probabilidad, **hasta la suficiente extensión de las**  
46 **campañas de vacunación**<sup>28</sup> y/o el desarrollo de una apropiada inmunidad poblacional<sup>29</sup>.  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54

55 **Por todo ello, es necesario disponer de una estrategia conjunta de salud pública, que debe**  
56 **contemplar dos aspectos fundamentales.** Por un lado, hay que desarrollar una vía asistencial  
57 COVID-19 que asegure una adecuada atención de estos pacientes, tanto en régimen  
58 ambulatorio como de ingreso hospitalario o en UCI, y por otro lado, el desarrollo de una vía  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

asistencial no COVID-19, que nos permita reducir al máximo el coste de oportunidad relativo al resto de patologías graves, que consiga amortiguar el incremento sustancial de la morbi-mortalidad asociada<sup>30-32</sup>.

El coste de oportunidad acumulado del resto de patologías graves durante el tiempo que duró **las dos primeras oleadas** COVID-19 y la fase de recuperación/normalización de las instituciones sanitarias puso de manifiesto la imposibilidad de mantener una adecuada atención poblacional fuera **de la** desbordante COVID-19. Esta situación de incapacidad de mantener ambos circuitos (COVID-19/no-COVID), incluso con el refuerzo de las estructuras sanitarias, es un hecho evidenciable por el porcentaje de recursos dirigidos a pacientes COVID-19<sup>33</sup>. Además, el problema ético derivado de la polarización del sistema hacia el tratamiento de la pandemia, **ha constituido un importante foco de discusión**<sup>34-36</sup>.

La identificación del comportamiento poblacional del virus en picos y valles resulta de especial trascendencia para una correcta planificación. De forma lógica, y preservando una atención de calidad para los pacientes urgentes/emergentes de las distintas patologías graves, puede organizarse la asistencia como periodos alternantes de focalización asistencial<sup>37,38</sup>. Así, durante los picos se intensificaría la atención COVID-19, reduciendo, proporcionalmente a la magnitud de los mismos, la asistencia sanitaria de los pacientes estables de otras patologías. Por el contrario, durante las fases de valle, intensificaríamos, por encima del estándar habitual, la actividad clínica dirigida a patologías no-COVID, aprovechando plenamente la ventana de oportunidad generada.

En este sentido, el modelo matemático que presentamos en este artículo puede contribuir de manera importante **a** la toma de decisiones relacionadas con la aplicación de medidas y su calendario. Posibilita la planificación analizando los escenarios que las distintas estrategias de control **pueden** generar. El modelo ha sido diseñado para optimizar las predicciones relacionadas con las necesidades de hospitalización y de ingresos en UCI, aspectos más limitantes para mantener una adecuada atención de los circuitos COVID-19 y no-COVID.

Además, el modelo tiene una construcción modular, de manera que es posible incorporar otros grupos en función de la aparición de nuevos factores que influyan de forma importante en la dinámica de transmisión del virus, **como podría ser una campaña de vacunación** frente al SARS-CoV-2<sup>39</sup>, y su porcentaje de eficacia asociado. **La inmunidad comunitaria se definiría**

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

**con una tasa de  $1 - (1 / R_0)^{40}$ . Teniendo en cuenta las tasas de contagio obtenidas mediante el calibrado del modelo, sin la aplicación medidas drásticas de contención pero con el uso de mascarillas y distancia social, el porcentaje de población que debe de haber pasado la enfermedad se situaría entre el 28% y el 42%, muy lejos de la cifra de personas que han pasado la enfermedad según el estudio de seroprevalencia<sup>13</sup> y la evolución del modelo. Este porcentaje de personas inmunes se podría alcanzar ya sea con personas que han pasado la enfermedad, o con personas vacunadas siempre y cuando las medidas de protección sanitaria se mantuviesen a lo largo del tiempo. No obstante, será necesario que aumente el porcentaje de población vacunada para poder incluir dicha variable en el modelo que presentamos.**

El modelo de previsión epidemiológica que planteamos nos permite evaluar el impacto de las distintas estrategias de restricción poblacional frente a la COVID-19, considerando su duración, intensidad y el contexto basal de incidencia y prevalencia de la COVID-19, así como prever el nivel de presión asistencial relativo al número de pacientes hospitalizados e ingresados en UCI. Todo ello, convierte nuestro modelo en una herramienta muy adecuada para diseñar planes de actuación y planes asistenciales a medio plazo, pudiendo incorporar cronológicamente los eventos de contención para determinar la duración e importancia de los valles de menor presión asistencial COVID-19, que podrían ser aprovechados para la asistencia de pacientes no-COVID. Además, nuestro modelo puede ser adaptado a otros núcleos poblaciones realizando una nueva calibración a partir de los correspondientes datos demográficos, de evolución local de la pandemia **y de las medidas de política sanitaria que se apliquen, y además debe ser revisado a lo largo del tiempo en función de las modificaciones que se vayan estableciendo en éstas.**

### **Limitaciones del modelo**

**El modelo propuesto es un sistema clásico de ecuaciones en diferencias. Para su construcción asumimos la hipótesis habitual de población homogénea, de manera que cualquier individuo de la población puede infectar a otro. No se han considerado las características clínicas de los pacientes diferentes a su clasificación descrita en la tabla 1, ni tampoco grupos de edad, aunque las tasas de transmisión, hospitalización y defunción pueden variar en función de los grupos de edad. También asumimos que la cuarentena se aplica solamente a la población susceptible, cuando latentes, infectados asintomáticos y**

recuperados también se encuentran en cuarentena. El modelo no tiene en cuenta los fallecidos por la COVID-19 fuera del circuito hospitalario.

## Referencias

1. Bennet BM, Wolf J, Laureano R, Sellers RS. Review of current vaccine development strategies to prevent Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Toxicol Pathol.* 2020;48:800-809. <https://doi.org/10.1177/0192623320959090>.
2. Zhang T, Wu Q, Zhang Z. Probable pangolin origin of SARS-CoV-2 associated with the COVID-19 outbreak. *Curr Biol.* 2020;30(7):1346-1351.e2. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.03.022>.
3. Zhou F, Yu T, Du R, Fan G, Liu Y, Liu Z, et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *The Lancet.* 2020;395:1054-62. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30566-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30566-3).
4. WHO. Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard. Data last updated 2020/11/29. [consultado 29 Nov 2020]. Disponible en: <https://covid19.who.int/table>.
5. Ngonghala CN, Iboi EA, Gumel AB. Could masks curtail the post-lockdown resurgence of COVID-19 in the US? *Math Biosci.* 2020;329:108452. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2020.108452>.
6. Greenhalgh T, Schmid MB, Cypionka T, Bassler D, Gruer L. Face masks for the public during the covid-19 crisis. *BMJ.* 2020;369:m1435. <https://doi.org/10.1136/bmj.m1435>.
7. Zhang X, Ji Z, Zheng Y, Ye X, Li D. Evaluating the effect of city lock-down on controlling COVID-19 propagation through deep learning and network science models. *Cities.* 2020;107:102869. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102869>.
8. Siqueira CADS, Freitas YNL, Cancela MC, Carvalho M, Oliveras-Fabregas A, de Souza DLB. The effect of lockdown on the outcomes of COVID-19 in Spain: an ecological study. *PLoS One.* 2020;15:e0236779. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236779>.
9. Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Indicadores de Andalucía y Provincias. [consultado 9 Nov 2020]. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/28Febrero/tema.htm?t=poblacion#indice>.
10. Martínez- Rodríguez D, Colmenar JM, Hidalgo JI, Micó R-JV, Salcedo- Sanz S. Particle swarm grammatical evolution for energy demand estimation. *Energy Sci Eng.* 2020;8:1068-79. <https://doi.org/10.1002/ese3.568>.
11. Google. COVID-19 Community Mobility Report. [consultado 9 Nov 2020]. Disponible en: <https://www.google.com/covid19/mobility?hl=es>.
12. Boletín Oficial del Estado BOE-A-2020-3692. Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19. [consultado 9 Nov 2020]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-3692>.
13. Pollán M, Pérez-Gómez B, Pastor-Barriuso R, Oteo J, Hernán MA, Pérez-Olmeda M, et al. Prevalence of SARS-CoV-2 in Spain (ENE-COVID): a nationwide, population-based seroepidemiological study. *Lancet.* 2020;396:535-544. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31483-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31483-5).
14. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía número 77 de 08/11/2020. Orden de 8 de noviembre de 2020, por la que se modulan los niveles de alerta 3 y 4 como consecuencia de la situación crítica epidemiológica derivada del COVID-19 en la Comunidad Autónoma de Andalucía. [consultado 9 Nov 2020]. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2020/577/6>.

15. Generalitat de Catalunya. Dades COVID. [consultado 9 Nov 2020]. Disponible en: <https://dadescovid.cat/>.
16. Domínguez- Gil B, Coll E, Fernández- Ruiz M, Corral E, Ríó F del, Zaragoza R, et al. COVID-19 in Spain: Transplantation in the midst of the pandemic. *Am J Transplant*. 2020;20:2593-2598. <https://doi.org/10.1111/ajt.15983>.
17. Cano-Valderrama O, Morales X, Ferrigni CJ, Martín-Antona E, Turrado V, García A, et al. Acute Care Surgery during the COVID-19 pandemic in Spain: Changes in volume, causes and complications. A multicentre retrospective cohort study. *Int J Surg*. 2020;80:157-161. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2020.07.002>.
18. Weert H van. After the first wave: What effects did the COVID-19 measures have on regular care and how can general practitioners respond to this? *Eur J Gen Pract*. 2020;26(1):126-128. <https://doi.org/10.1080/13814788.2020.1798156>.
19. Berenguer J, Ryan P, Rodríguez-Baño J, Jarrín I, Carratalà J, Pachón J, et al. Characteristics and predictors of death among 4035 consecutively hospitalized patients with COVID-19 in Spain. *Clin Microbiol Infect*. 2020;26:1525-1536. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.07.024>.
20. Presidencia del Gobierno. Mapa de transición a la nueva normalidad. [consultado 9 Nov 2020]. Disponible en: <https://www.lamoncloa.gob.es/covid-19/Paginas/mapa-fases-desescalada.aspx>.
21. Aldama G, Rebolal F, Flores X, Piñón P, Rodríguez-Leor O, Vázquez JM. Decrease in the number of primary angioplasty procedures during the pandemic and its relationship with mortality from COVID-19. The role of competing risks. *Rev Esp Cardiol*. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.11.008>.
22. **22. Aranda RS, Castellano NP, Pérez ÓC, Cañas AIB, López MF, Domínguez JP-V. Impact of the first wave of the SARS-CoV-2 pandemic on preferential/emergent pacemaker implantation rate. Spanish study. *Rev Esp Cardiol*. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2020.10.006>.**
23. **23. Mari G, Giordano R, Uccelli M, Cesana G, Olmi S, Ferrari GC, et al. Do We Really Know How Much the Covid-19 Pandemic Affected the Surgical Practice in Northern Italy? A Multi-Center Comparative Study and Cost Analysis. *Chirurgia (Bucur)*. 2020;115:469-75. <https://doi.org/10.21614/chirurgia.115.4.469>.**
24. **24. Mascia D, Kahlberg A, Melloni A, Rinaldi E, Melissano G, Chiesa R. Single-Center Vascular Hub Experience after 7 weeks of COVID-19 Pandemic in Lombardy (Italy). *Ann Vasc Surg*. 2020;69:90-9. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2020.07.022>.**
25. **25. Faccincani R. Personal reflections of an emergency general surgeon on the COVID-19 pandemic. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2020;1-2. <https://doi.org/10.1007/s00068-020-01363-8>.**
26. **26. Ministerio de Ciencia e Innovación. Gobierno de España. COVID-19. Informes generales. [consultado 9 Nov 2020]. Disponible en: <https://www.isciii.es/QueHacemos/Servicios/VigilanciaSaludPublicaRENAVE/EnfermedadesTransmisibles/Paginas/-COVID-19.-Informes-previos.aspx>.**
27. ECDC. COVID-19 situation update worldwide, as of 23 November 2020. [consultado 23 Nov 2020]. Disponible en: <https://www.ecdc.europa.eu/en/geographical-distribution-2019-ncov-cases>.
28. **28. Hodgson SH, Mansatta K, Mallett G, Harris V, Emary KRW, Pollard AJ. What defines an efficacious COVID-19 vaccine? A review of the challenges assessing the clinical efficacy of vaccines against SARS-CoV-2. *Lancet Infect Dis*. 2020. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30773-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30773-8).**

29. WHO. Coronavirus disease (COVID-19), Science in 5, Episode 5, Vaccines. [consultado 23 Nov 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/media-resources/science-in-5/episode-5>.
30. **Bambra C, Riordan R, Ford J, Matthews F. The COVID-19 pandemic and health inequalities. *J Epidemiol Community Health*. 2020;74:964-8. <https://doi.org/10.1136/jech-2020-214401>.**
31. **Raman R, Rajalakshmi R, Surya J, Ramakrishnan R, Sivaprasad S, Conroy D, et al. Impact on health and provision of healthcare services during the COVID-19 lockdown in India: a multicentre cross-sectional study. *BMJ Open*. 2021;11:e043590. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-043590>.**
32. **Szymanski FM, Smuniewski C, Platek AE. Will the COVID-19 Pandemic Change National Security and Healthcare in the Spectrum of Cardiovascular Disease? *Current Problems in Cardiology*. 2020;45:100645. <https://doi.org/10.1016/j.epcardiol.2020.100645>.**
33. **Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Evolución del número de casos de COVID-19. [consultado 9 Nov 2020]. Disponible en: [https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/badea/operacion/es/consulta/anual/40701?CodOper=b3\\_2314&codConsulta=40701](https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/badea/operacion/es/consulta/anual/40701?CodOper=b3_2314&codConsulta=40701).**
34. **Martin-Fumadó C, Gómez-Durán EL, Morlans-Molina M. Consideraciones éticas y médico-legales sobre la limitación de recursos y decisiones clínicas en la pandemia de la COVID-19. *Rev Esp Med Leg*. 2020;46:119-26. <https://doi.org/10.1016/j.reml.2020.05.004>.**
35. **Cook T, Gupta K, Dyer C, Fackrell R, Wexler S, Boyes H, et al. Development of a structured process for fair allocation of critical care resources in the setting of insufficient capacity: a discussion paper. *J Med Ethics*. 2020. <https://doi.org/10.1136/medethics-2020-106771>.**
36. **Prachand VN, Milner R, Angelos P, Posner MC, Fung JJ, Agrawal N, et al. Medically necessary, time-sensitive procedures: scoring system to ethically and efficiently manage resource scarcity and provider risk during the COVID-19 pandemic. *J Am Coll Surg*. 2020;231:281-8. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2020.04.011>.**
37. **Iribarne A, Thourani VH, Cleveland JC, Malaisrie SC, Romano MA, Moon MR, et al. Cardiac surgery considerations and lessons learned during the COVID-19 pandemic. *Journal of Cardiac Surgery*. 2020;35:1979-87. <https://doi.org/10.1111/jocs.14798>.**
38. **Khialani B, MacCarthy P. Transcatheter management of severe aortic stenosis during the COVID-19 pandemic. *Heart*. 2020;106:1183-90. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2020-317221>.**
39. **Ministerio de Sanidad. Estrategia de vacunación COVID-19 en España. [consultado 29 Ene 2021]. Disponible en: <https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/vacunaCovid19.htm>.**
40. **Brauer F, Castillo-Chavez C. Epidemic Models. En: Brauer F, Castillo-Chavez C, editors. *Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology*, New York, NY: Springer; 2012, p. 345-409.**

## Pies de figuras

**Figura 1.** Diagrama del modelo SEIR implementado para la predicción de la transmisión de la COVID-19. Cada caja representa uno de los diferentes grupos en los que se puede segregar a la población respecto a la infección y la enfermedad. Los parámetros de las flechas representan las tasas de transmisión entre los grupos anexos. Susceptible (S); Cuarentena (Q); Latente (L); Infeccioso (I); Recuperado (R); Hospitalizado (H); UCI (U); Fallecido (F); Hospitalizado tras UCI (HU); Alta (A).

**Figura 2.** Validación del modelo matemático comparando el número de hospitalizados (A) e ingresados en UCI (B) en los hospitales de la provincia de Granada durante el periodo 23 de septiembre y 7 de noviembre de 2020 (puntos), respecto a la media e intervalo de confianza predicho por el modelo para dicho periodo.

**Figura 3.** Predicciones de prevalencia de infectados por SARS-CoV-2, hospitalizados e ingresos en UCI para la provincia de Granada considerando 2 semanas de restricciones en servicios no esenciales desde el 10-11-2020 (Escenario 1). Se representa el número de infectados (A), hospitalizados (B) e ingresos en UCI (C) a lo largo del tiempo.

**Figura 4.** Predicciones de prevalencia de infectados por SARS-CoV-2, hospitalizados e ingresos en UCI para la provincia de Granada considerando 4 semanas de restricciones en servicios no esenciales desde el 10-11-2020 (Escenario 2). Se representa el número de infectados (A), hospitalizados (B) e ingresos en UCI (C) a lo largo del tiempo.

**Figura 5.** Predicciones de prevalencia de infectados por SARS-CoV-2, hospitalizados e ingresos en UCI para la provincia de Granada considerando: 4 semanas a partir del día 10/11/20 de restricciones en servicios no esenciales; 4 semanas a partir del día 11/01/21 con un confinamiento poblacional del 70%; y 2 semanas a partir del día 15/03/21 de restricciones en servicios no esenciales (Escenario 3). Se representa el número de infectados (A), hospitalizados (B) e ingresos en UCI (C) a lo largo del tiempo.

## Tablas

**Tabla 1.** Grupos de población en relación a la infección por el virus SARS-CoV-2 y a la evolución de la COVID-19, y ecuaciones que predicen en cada momento la cuantificación de cada grupo.

Grupo	Descripción	Ecuación*
Susceptible (S)	<b>Susceptible de infectarse por SARS-CoV-2</b>	$S(t + 1) = S(t) + q_s(t) - s_q(t) - \beta(t)S(t) (I(t)/P_T)$
Cuarentena (Q)	<b>En confinamiento sin contacto con el resto de la población</b>	$Q(t + 1) = Q(t) + s_q(t) - q_s(t)$
Latente (L)	<b>Infectado de SARS-CoV-2 que no transmite la infección</b>	$L(t + 1) = L(t) + \beta(t)S(t) (I(t)/P_T) - l_i L(t)$
Infecioso (I)	<b>Infectado de SARS-CoV-2 que puede transmitir la infección</b>	$I(t + 1) = I(t) + l_i L(t) - (i_r(t) + i_h(t) + i_u(t))I(t)$
Recuperado (R)	<b>Paciente no hospitalizado que supera la infección de SARS-CoV-2</b>	$R(t + 1) = R(t) + i_r(t)I(t)$
Hospitalizado (H)	<b>Paciente hospitalizado en planta por COVID-19</b>	$H(t + 1) = H(t) + i_h(t)I(t) - (h_u(t) + h_f(t) + h_a(t))H(t)$
UCI (U)	<b>Paciente en UCI por COVID-19</b>	$U(t + 1) = U(t) + i_u(t)I(t) + h_u(t)H(t) - (u_f(t) + u_{hu}(t))U(t)$
Fallecido (F)	<b>Paciente en planta de hospitalización o UCI fallecido a causa de la COVID-19</b>	$F(t + 1) = F(t) + h_f(t)H(t) + u_f(t)U(t)$
Hospitalizado tras UCI (HU)	<b>Paciente que pasa de UCI a planta de hospitalización por mejoría</b>	$HU(t + 1) = HU(t) + u_{hu}(t)U(t) - h_{u_a}(t)HU(t)$
Alta (A)	Paciente dado de alta del hospital	$A(t + 1) = A(t) + h_a(t)H(t) + h_{u_a}(t)HU(t)$

\*  $q_s$ ,  $s_q$ ,  $l_i$ ,  $i_r$ ,  $i_h$ ,  $i_u$ ,  $h_u$ ,  $h_f$ ,  $h_a$ ,  $u_f$ ,  $u_{hu}$ ,  $h_f$  y  $h_{u_a}$  se corresponden con las tasas de transición entre grupos de sujetos/pacientes.  $\beta$  es la tasa de transmisión entre S e I, y su valor es proporcional a la magnitud del número básico de reproducción  $R_0$ , según la expresión:  $R_0 = \beta / (i_r + i_h + i_u)$ .  $P_T$  es la población de la provincia de Granada.

**Tabla 2.** Número de infectados de SARS-CoV-2, hospitalizados e ingresados en **UCI** previstos por el modelo matemático **a fecha de 10 de noviembre de 2020** para **tres** escenarios que **difieren** en el calendario y en la duración de la aplicación de medidas de restricción para la provincia de Granada.

	(Escenario 1) 10/11/20 (2sem.)	(Escenario 2) 10/11/20 (4 sem.)	(Escenario 3) 10/11/20 (4 sem.) 11/01/21 (4 sem.) 15/03/21 (2 sem.)
<b>Infectados</b>	20-03-20 18.448 (17.620-19.331)	20-03-20 18.449 (17.620-19.331)	20-03-20 18.449 (17.620-19.331)
	06-06-20 625 (590-664)	06-06-20 625 (590-664)	06-06-20 625 (590-664)
	13-11-20 25.206 (16.907-36.114)	13-11-20 25.233 (16.908-36.109)	13-11-20 25.233 (16.908-36.109)
	26-11-20 21.191 (14.390-29.963)	10-12-20 16.359 (11.379-22.504)	12-12-20 15.753 (10.999-21.577)
	06-02-21 58.379 (45.942-72.245)	02-03-21 50.485 (40.249-61.038)	13-01-21 30.429 (20.582-42.286)
			12-02-21 6.280 (4.528-8.079)
		18-03-21 10.669 (7.871-13.230)	
		04-04-21 7.640 (5.834-9.243)	
		07-05-21 10.922 (8.896-12.923)	
<b>Hospitalizados</b>	31-03-20 399 (387-413)	31-03-20 399 (388-413)	31-03-20 399 (388-413)
	30-06-20 13 (10-16)	30-06-20 13 (10-16)	30-06-20 13 (10-16)
	20-02-21 1.946 (509-2.418)	26-11-20 733 (509-1.048)	26-11-20 733 (509-1.048)
		17-12-20 641 (449-900)	20-12-20 623 (437-872)
		16-03-21 1.691 (1.366-2.052)	19-01-21 889 (592-1.226)
			07-03-21 314 (224-406)
			24-03-21 340 (248-434)
			15-04-21 296 (224-367)
		01-05-21 324 (247-394)	
<b>UCI</b>	05-04-20 56 (51-62)	05-04-20 56 (51-62)	05-04-20 56 (51-62)
	25-07-20 2 (2-3)	25-07-20 2 (2-3)	25-07-20 2 (2-3)
	25-02-21 310 (248-387)	01-12-20 112 (75-158)	01-12-20 112 (75-158)
		18-12-20 106 (71-148)	21-12-20 103 (69-144)
		21-03-21 270 (217-332)	21-01-21 137 (89-192)
			15-03-21 56 (39-72)
			23-03-21 56 (41-72)
			18-04-21 50 (37-61)
		01-05-21 52 (39-63)	

\* Para cada uno de los 3 escenarios se presenta la fecha de implantación y la duración de las medidas de restricción, así como la fecha y el número de pacientes y el intervalo de confianza de infectados, hospitalizados o en UCI correspondientes a los puntos de inflexión, pico (máximos) o valle (mínimos), que aparecerían a lo largo de la predicción. Sem, semanas.









